

## CARACTERIZACION MEDIANTE WAVELETS DE ELECTROCARDIOGRAMAS PARA EFECTOS DE COMPRESION Y CLASIFICACION DE CARDIOPATÍAS

### RESUMEN

Este artículo presenta un diseño para la caracterización de la señal ECG basado en “wavelets”, donde los coeficientes de caracterización no sólo posibiliten alcanzar factores considerables de compresión, sino que también se constituyan en la base para la clasificación de cardiopatías. Los datos para la evaluación del desempeño del sistema son tomados de la base de datos MIT-BIH. Se analizan los resultados del proceso de compresión a la luz de la medida de confiabilidad PRD, y de la tasa de compresión lograda; la inteligibilidad de la señal obtenida después del proceso de descompresión, se evalúa con el algoritmo de clasificación. Este diseño propone un marco de trabajo para la implementación de sistemas de telecardiología móviles.

**PALABRAS CLAVES:** ECG, cuantización, codificación.

### ABSTRACT

*This paper presents an design for characterization of ECG wavelet- based, signals where the characterization coefficients not only possibillitate the achievement of high compression factors, but also conform the base for the pathological ECG classification. The data for the performance evaluation are extracted from the MIT-BIH data base. The compression results are analized in terms of PRD reliability, and compression rates; the signal inteligibility achieved after the uncompression process, is evaluated with the classification algorithm. This desing provides a framework for the implementation of telecardiology mobile systems.*

**KEYWORDS:** ECG, wavelets, quantization, coding.

### 1. INTRODUCCIÓN

La cardiología es una de las áreas médicas que ha sido altamente favorecida por los desarrollos no sólo equipos de adquisición de señales cardíacas, sino también de aplicaciones de software tendientes a integrar la tecnología de comunicaciones a los procesos de captura y procesamiento del ECG con el objetivo de realizar telediagnóstico. Lo que motiva a la creación de métodos y herramientas que posibiliten la disminución de información tanto en los procesos de transmisión como en los procesos computacionales que se realizan en los equipos terminales.

Caracterizar un electrocardiograma equivale a extraer los rasgos relevantes que lo identifican en forma única, dichos rasgos pueden ser empleados tanto para comprimir la señal ECG, como para clasificar cardiopatías. En telediagnóstico, hasta el momento, la compresión y la clasificación se han venido realizando en forma separada; el transmisor envía el ECG comprimido, el receptor descomprime y realiza la clasificación, independiente de la caracterización que haya realizado el transmisor. Esta independencia, en el mejor de los casos, obliga al receptor a ejecutar cálculos que podrían obviarse, si hace uso de la caracterización que se realizó en el equipo transmisor. Este trabajo expone un método

que utilizando los mismos parámetros de caracterización “wavelet” comprima registros ECG y clasifique cardiopatías, transmitiendo la mínima cantidad de información necesaria para conservar la inteligibilidad de la señal.

Para cada etapa del proceso de compresión se evaluó su aporte a la disminución de redundancia de información del ECG; su confiabilidad se evaluó con el PRD y la tasa de compresión lograda. Se compararon éstos resultados con los algoritmos [4][5]. El proceso de clasificación fue evaluado con las relaciones de falsa aceptación y falso rechazo.

### 2. CONTENIDO

#### 2.1 compresión

La compresión de datos esta ligada al concepto de entropía, ella mide la cantidad de información que contiene una señal, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$H(x) = \sum_{i=1}^n p(i) \log \left( \frac{1}{p(i)} \right). \quad (1)$$

donde:  $H$  es la entropía, las  $p$  son las probabilidades de que aparezcan los diferentes valores y  $n$  el número total de valores presentes en la señal. Comprimir una señal equivale a eliminar información redundante. El cálculo de la medida de entropía nos permite verificar el grado efectividad de un proceso que busque representar en forma más compacta una señal [1].

Durante el desarrollo del método de compresión que aquí se expone se evaluó cada uno de los subprocesos a la luz del porcentaje de reducción de redundancia medida con la expresión (1).

El proceso de compresión inicia con los registros ECG de la base de datos MIT-BIH [3], como lo ilustra la figura 1. La señal ECG es transformada con la “wavelet” daub(6), por ser la que presentó mayor tasa de compresión y menor distorsión.

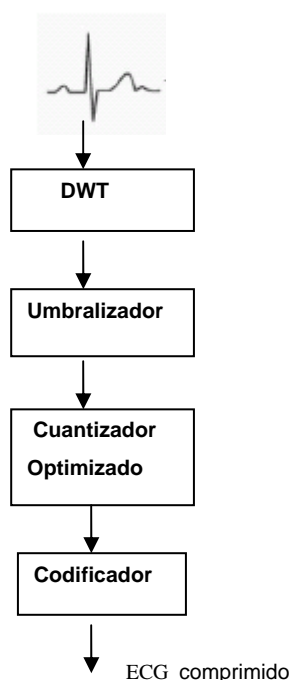


Figura 1. Compresor.

El nivel de descomposición de la transformada es de orden 4 para un número de coeficientes de 128, los que disminuyen después del proceso de umbralización; La cuantización se realiza después de la aplicación del método de optimización de LLody al “codebook” de la señal formada por los coeficientes “wavelets” umbralizados. La codificación utiliza el método de Huffman [1]. Para evaluar la efectividad del proceso se considera la medida de confiabilidad, “root mean square difference” (PRD). (Ecuación 1). Siendo  $x_i$  las muestras de la señal original.

$$PRD = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \left( x_i - \bar{x}_i \right)^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \right) \times 100\% \quad (2)$$

$\bar{x}_i$  las muestras de la señal comprimida y  $n$  el total de muestras.

## 2.2 Clasificador de Cardiopatías

Antes de iniciar la identificación de las cardiopatías, se descomprimen los datos de la señal ECG, que se constituyen en el vector de características propio de cualquier proceso de clasificación. (ver figura 2). Al vector de características se le aplica el análisis de componentes principales con el objetivo de reducir al máximo la dimensionalidad del vector. El método de clasificación estadístico utilizado es el bayesiano con aprendizaje.

Las cardiopatías consideradas fueron bradicardia sinusal, taquicardia, bloqueo auricular y síndrome QT largo.

Se consideraron la tasa de falsa aceptación (FAR), que es la probabilidad de que una patología no existente en el registro sea identificada. Y la tasa de falso rechazo (FRR), la probabilidad de que una patología este presente y no sea detectada.

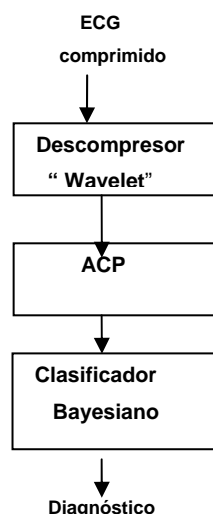


Figura 2. Clasificador de cardiopatías.

## 2.3 Unificación de la caracterización para el compresor y clasificador

La figura 3 esquematiza el proceso de comunicación que se establece entre el transmisor que comprime el ECG y el receptor que realiza un pre-diagnóstico. El transmisor realiza el proceso de caracterización, que aplica la

transformada discreta de “wavelet” al registro ECG que se desea transmitir, genera un conjunto de coeficientes que constituyen la entrada al compresor. El proceso de clasificación del lado del receptor estructura el vector de características a partir de la información comprimida que recibe vía red. Esta comunicación entre el transmisor y el receptor se realiza sobre cualquier infraestructura de red de datos bajo TCP/IP, lo que incluye comunicación entre celulares y aplicaciones WEB.

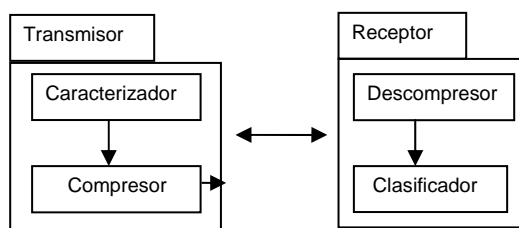


Figura 3. Sistema de compresión-clasificación.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Compresor

A nivel visual se aprecia la gran similitud entre la señal original y la señal comprimida. La figura 4. presenta la señal descomprimida superpuesta a la señal original.

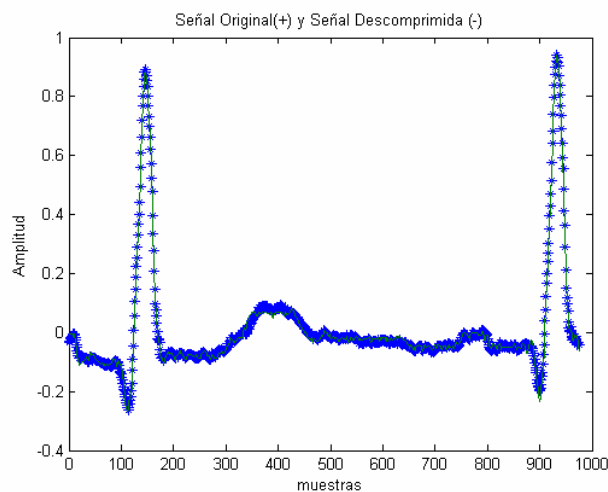


Figura 4. Señal original .vs. señal Descomprimida.

En la siguiente tabla se presentan los resultados del PRD, “root mean square difference” y el factor de compresión calculado para siete “wavelets”

Wavelet	PRD	Factor Compresión
Db6	0.1654	11:1
Db4	0.7107	10:1
Sym4	0.8239	13:1
Sym6	0.8098	14:1
Coif4	0.88	13:1
Coif5	0.8812	14:1

Tabla 1. Relaciones de distorsión y compresión para diferentes “wavelets”

Aunque se lograron tasas de compresión más altas con la “wavelets” coif5 y Sym6, la distorsión más baja se logra con Db6, por tanto para la implementación del sistema hace uso de ésta última.

Estos resultados se compararon con el método expuesto en [4][5]. Las diferencias fueron significativas, por ejemplo, la menor distorsión registrada en la bibliografía es de 0.3848 con la “wavelet” sym4, sin embargo la distorsión con la mayor parte de los “wavelets”, en nuestro caso, son mayores a las consideradas en la bibliografía.

#### 3.2 Análisis de Redundancia

Se hizo un análisis de la disminución de redundancia a medida que se avanzaba en cada una de las etapas del proceso de compresión. La siguiente tabla muestra los promedios de redundancia por tipo de electrocardiograma después de cada etapa.

Señal	Original	Cuantizador	Codificador
Normal	8.2	4.7	2.54
Bradicardia	7.02	4.36	2.36
Taquicardia	7.98	4.5	2.5

Tabla 2. Redundancia después de cada etapa del proceso de compresión.

Se puede apreciar que el grado de reducción de redundancia por etapa es casi de la mitad.

#### 3.3 Clasificación

La siguiente tabla muestra los resultados de la evaluación del proceso de clasificación.

Patología	FAR (%)	FRR(%)
Bradicardia	1%	2%
Taquicardia	1%	1%
Bloqueo Auroventricular	3%	4%
Síndrome de QT Largo	20%	2.5%

Tabla 3. Resultados del clasificador de cardiopatías

#### 4. CONCLUSIONES

Se confirma que la transformada “wavelet” para este tipo de señales es bastante conveniente, no sólo permite reducir el ruido del registro electrocardiográfico, sino que las tasas de compresión logradas aún con un bajo nivel de descomposición son considerables.

Se demuestra que el método seleccionado para la compresión es bastante acertado, al visualizar la diferencia entre la redundancia de la señal original con respecto a la señal comprimida.

El diseño que este artículo plantea brinda la posibilidad de abolir información irrelevante en un proceso de transmisión involucrado en telediagnóstico, lo que disminuye los costos tanto en tiempo de transmisión como de cálculo computacional en los procesos de diagnósticos que se ejecutan en el lado del receptor.

#### 5. BLIOGRAFÍA

[1] MALLAT, Stéphane. A wavelet tour of signal processing , 576 páginas, Academic Press, USA, 1998.

[2] W.J Tompkins. Biomedical digital signal processing. C Language Examples an Laboratory Experiments. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall,1993

[3] MIT, The MIT-BIH Arrhythmia Database. CD-ROM. Massachussets Institute of Technology Massachusetts. 1992.

[4] S.H Robert, Optimal Zonal Wavelet-Based ECG Data Compression for a Mobile Telecardiology System. IEEE Transactions on information echnology in biomedicine, vol..4 . No. 3. Septiembre 2000.

[5] S.H Robert, ECG Data Compression Using wavelets and Higher Order Statistics Methods System. IEEE Transactions on information echnology in biomedicine, vol..5. No. 2. Septiembre 2001.

[6] ANAT, Kanwaldip. Vector Quiantization of ECG Wavelet Coefficients. IEEE signal processing letter, Vol., XX. 1999.

[7] OROZCO , Mauricio. CASTELLANOS GERMAN. Extracción de Características usando wavelets en la Identificación de Patologías de ECG. I Congreso Colombiano de bioingeniería biomédica. 2003.

[8] MARAVALL , Dario. Reconocimiento de formas y visión artificial.432 páginas. Ra-ma. España. 1998.